

## ELEKTRODEPOSISI LAPISAN KOMPOSIT $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ DALAM LARUTAN $\text{CuSO}_4$ YANG DIDOPING PARTIKEL NANO $\text{Al}_2\text{O}_3$

Widiani Agustin<sup>1</sup>, Pradoto Ambardi<sup>1</sup> dan Djoko H. Prajitno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Metalurgi, FT - Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Jend. Gatot Subroto PO Box 807, Bandung

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri (PTNBR) - BATAN

Jl. Tamansari No. 71, Bandung 40231

e-mail: widiani\_agustin@yahoo.com

Diterima: 14 Januari 2013

Diperbaiki: 27 Mei 2013

Disetujui: 13 Juni 2013

### ABSTRAK

**ELEKTRODEPOSISI LAPISAN KOMPOSIT  $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$  DALAM LARUTAN  $\text{CuSO}_4$  YANG DIDOPING DENGAN PARTIKEL NANO  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .** Lapisan komposit  $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$  dibuat dengan menggunakan proses elektrodeposisi. Pada lapisan komposit ini, lapisan Cu berperan sebagai matriks komposit sedangkan nanopartikel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  berperan sebagai partikel penguat komposit (*reinforcement*). Lapisan komposit ini merupakan kelompok komposit bermatriks logam (*Metal Matrix Composite*). Proses elektrodeposisi dilakukan pada media larutan elektrolit  $\text{CuSO}_4$ , sedangkan arus listrik di suplai melalui *rectifier* (*DC Current*). Katoda yang digunakan pada proses ini adalah pelat Aluminium AA1100 dan anoda berupa grafit atau karbon. Besarnya arus yang digunakan pada proses ini adalah 0,3 A, sedangkan konsentrasi nanopartikel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang ditambahkan pada larutan elektrolit adalah 0,05 g/L. Proses dilakukan pada suhu kamar dan ukuran partikel nano yang digunakan adalah 50 nm. Variasi waktu proses elektrodeposisi adalah 15 menit, 30 menit dan 60 menit dan variasi konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  adalah 200 g/L, 220 g/L dan 240 g/L  $\text{CuSO}_4$ . Untuk mengetahui peranan dari nanopartikel yang ditambahkan, maka dilakukan beberapa pengujian dan pemeriksaan laboratorium seperti pengujian kekerasan, pemeriksaan strukturmikro. Pemeriksaan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan pengujian *Electron Dispersive Spectroscopy* (EDS). Pembuatan lapisan komposit ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik lapisan yang sifat mekaniknya lebih baik.

**Kata kunci:**  $\text{CuSO}_4$ , Elektrodeposisi, Lapisan Komposit, *Metal Matrix Composite*, Partikel nano  $\text{Al}_2\text{O}_3$

### ABSTRACT

**ELECTRODEPOSITION OF  $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$  COMPOSITE LAYER IN THE  $\text{CuSO}_4$  SOLUTION DOPED WITH  $\text{Al}_2\text{O}_3$  NANO PARTICLES.**  $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$  layer composites have been made by using electrodeposition process. In this composite layer, the Cu layer acts as a composite matrix whereas  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanoparticles act as composite reinforcement particle. This composite layer is a metal matrix composite. Electrodeposition process was done at  $\text{CuSO}_4$  electrolyte solution medium, with electric current supplied through a rectifier (DC current). Cathode used in this process was AA1100 aluminum plate and the anode in the form of graphite or carbon. The amount of current used in this process was 0.3A, while the concentration of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanoparticles added to the electrolyte solution was 0.05 g/L. Process was conducted at room temperature and size of the nano particles used was 50 nm. Electrodeposition process time were varied at 15 minutes, 30 minutes and 60 minutes, while  $\text{CuSO}_4$  solution concentration were varying to 200 g/L, 220 g/L and 240 g/L. To determine the role of nanoparticles added, some testing and characterisation such as hardness testing, microstructure examination, and Electron Dispersive Spectroscopy (EDS) were done. The aim of this composite layer manufacturing is to obtain better mechanical properties of the layer.

**Keywords:**  $\text{CuSO}_4$ , Electrodeposition, Composite layer, Metal matrix composite,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nano particle

### PENDAHULUAN

Pada saat ini lapisan komposit banyak digunakan untuk berbagai aplikasi karena karakteristiknya yang unik. Beberapa teknik yang sering digunakan untuk membuat lapisan komposit adalah metalurgi serbuk,

plasma spraying, laser deposition dan mechanical alloying. Teknik-teknik tersebut telah banyak diterapkan untuk membuat berbagai jenis lapisan komposit seperti Co-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>-Al dan Cu-SiC [1-3]. Sedangkan proses pembuatan lapisan komposit dengan metode elektrodeposisi yang menggunakan prinsip elektrolisis masih jarang dilakukan. Padahal proses pembuatan lapisan komposit dengan cara elektrodeposisi ini merupakan suatu proses pembuatan lapisan komposit yang relatif mudah, murah, efisien dan hasilnya dapat lebih bervariasi karena bergantung pada variabel proses yang dipilih.

Proses elektrodeposisi sering juga disebut proses *electroplating*. Proses elektrodeposisi merupakan proses pengendapan logam yang memakai prinsip elektrolisis. Pada prakteknya, proses ini memanfaatkan arus listrik searah yang berasal dari sumber tegangan DC yang dihasilkan dari *rectifier*. Proses elektrodeposisi atau *electroplating* disebut juga proses pelapisan logam dengan menggunakan arus listrik dan media elektrolit.

Sekarang ini mulai dikembangkan proses elektrodeposisi untuk pembuatan lapisan komposit yang memiliki berbagai macam keunggulan yang tidak ditemui pada proses pelapisan yang umum dilakukan. Pada proses ini nilai kekerasan dan kekuatan lapisan dapat divariasikan dan ditingkatkan, porositas yang dihasilkan lebih rendah dan dapat meningkatkan ketahanan aus dan korosi [4]. Karena sifat-sifat unik yang dimiliki oleh lapisan komposit, banyak industri yang mulai memakai dan mengembangkan penggunaan lapisan komposit ini.

Berdasarkan hal diatas, dilakukan membuat sebuah penelitian tentang lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan metode elektrodeposisi. Lapisan Cu berperan sebagai matriks komposit dan partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berperan sebagai partikel penguat (*reinforcement*) komposit.

Pada penelitian ini, substrat atau katoda yang digunakan adalah aluminium seri AA 1100 yang berbentuk pelat. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan CuSO<sub>4</sub>, kemudian pada larutan elektrolit tersebut ditambahkan partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan ukuran 50 nm. Unsur tembaga dan partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akan terdepositasi pada logam pelat aluminium membentuk suatu lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari penambahan unsur partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, pengaruh variasi konsentrasi larutan CuSO<sub>4</sub> dan waktu pengerjaan terhadap nilai kekerasan dan strukturmikro dari lapisan komposit tersebut.

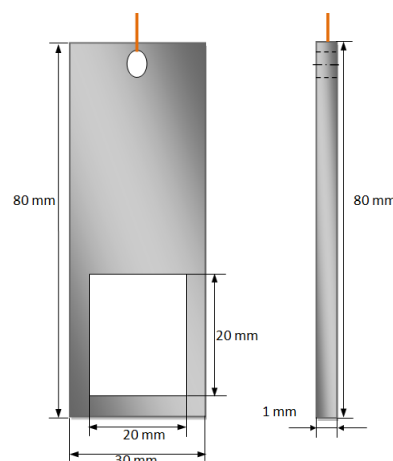
## METODE PERCOBAAN

### Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan sebagai katoda atau substrat tempat menempelnya lapisan adalah pelat

**Tabel 1.** Komposisi kimia katoda pelat aluminium.

Unsur	Komposisi (%)	
	Alumunium Association 1100	Hasil Spektro
Al	99,00 (min)	99,1
Si	0,95	0,719
Fe	(Si + Fe)	(Si + Fe)
Cu	0,05-0,02	0,0943
Mn	0,05	0,0046
Zn	0,10	0,0035



**Gambar 1.** Bentuk sampel katoda

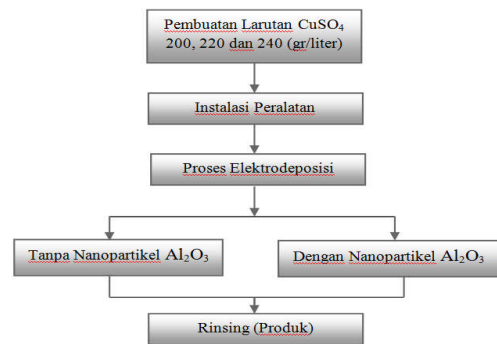
aluminium seri AA1100, sedangkan anoda yang digunakan adalah grafit atau karbon yang sifatnya *inert*. Tabel 1 adalah tabel komposisi kimia hasil pengujian spektrometri pelat aluminium. Bentuk sampel yang digunakan sebagai katoda seperti Gambar 1.

Sampel dipersiapkan dengan memotong sesuai dengan ukuran yang diperlihatkan pada Gambar 1. Pada sampel dibuat daerah ekspose berukuran 20 mm x 20 mm sedangkan bagian yang lainnya ditutup dengan lakban plastik. Pada proses elektrodeposisi, diharapkan lapisan komposit akan mengendap di daerah ekspose. Sampel dipotong dan dibuat daerah ekspose, kemudian dibersihkan bagian permukaannya dengan air, larutan basa NaOH 3 % dan larutan asam HCl 3 % untuk membersihkan permukaan katoda dari pengotor berupa karat, lemak, oli dan pengotor lainnya.

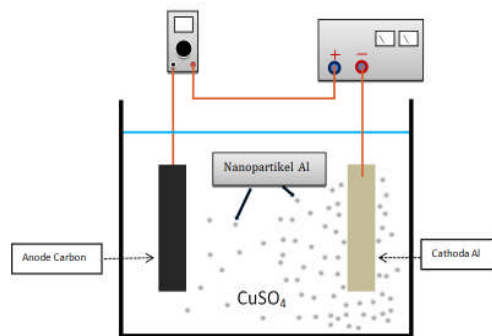
### Tahapan Proses Elektrodeposisi

Gambar 2 memperlihatkan tahapan proses elektrodeposisi yang dilakukan.

Proses elektrodeposisi dilakukan pada suhu kamar, arus yang digunakan sebesar 300 mA atau 0,3 A dengan waktu deposisi bervariasi 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan berukuran 50 nm dan banyaknya partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang ditambahkan 0,05 g/L pada larutan CuSO<sub>4</sub>. Konsentrasi CuSO<sub>4</sub> divariasikan 200 g/L, 220 g/L dan 240 g/L. Gambar 3



Gambar 2. Tahapan proses elektrodeposisi



Gambar 3. Skematik proses elektrodeposisi

merupakan skematik instalasi proses elektrodeposisi yang dilakukan pada penelitian ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

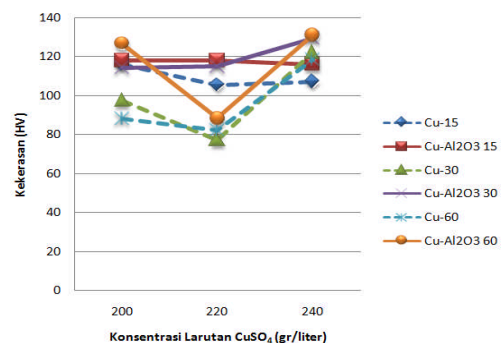
### Kekerasan Lapisan

Penambahan partikel nano  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang berukuran 50 nm pada larutan elektrolit  $\text{CuSO}_4$  sebanyak 0,05 g/L menyebabkan bertambahnya nilai kekerasan lapisan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 yang memuat data hasil pengujian kekerasan pada lapisan Cu dengan dan tanpa penambahan partikel nano  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Penambahan kekerasan jika dihitung secara matematis mencapai 69,47 %. Kekerasan tertinggi diperoleh pada lapisan komposit yang mengalami proses elektrodeposisi selama 30 menit pada kondisi larutan  $\text{CuSO}_4$  240 g/L. Untuk dapat lebih mengetahui lebih jelas pengaruh penambahan partikel nano  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada lapisan komposit Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$  maka dibuat grafik seperti Gambar 4 dan Gambar 5.

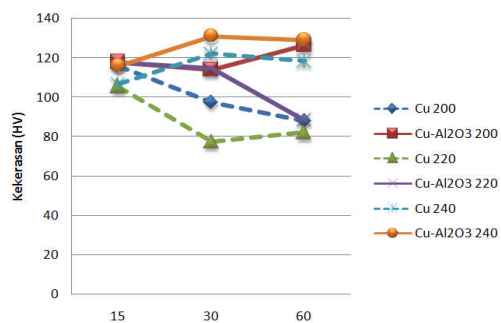
Grafik diperoleh dengan membandingkan kekerasan lapisan Cu dan lapisan komposit Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$  berdasarkan variasi proses elektrodeposisi. Pada Gambar 4, grafik merupakan hubungan konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  dan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  maka semakin tinggi nilai kekerasan lapisan Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Akan tetapi pada konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  220 g/L nilai kekerasan lapisan relatif menurun. Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara waktu proses elektrodeposisi

Tabel 2. Data hasil pengujian kekerasan lapisan

Spesimen	Kekerasan (HV)	
	Tanpa Penambahan Nanopartikel $\text{Al}_2\text{O}_3$	Dengan Penambahan Nanopartikel $\text{Al}_2\text{O}_3$
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 200-15	115,90	117,90
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 200-30	97,39	114,03
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 200-60	88,01	126,43
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 220-15	105,46	117,90
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 220-30	77,28	114,77
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 220-60	82,06	88,41
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 240-15	106,97	115,90
Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 240-30	122,07	129,13



Gambar 4. Hubungan konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  dan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi.



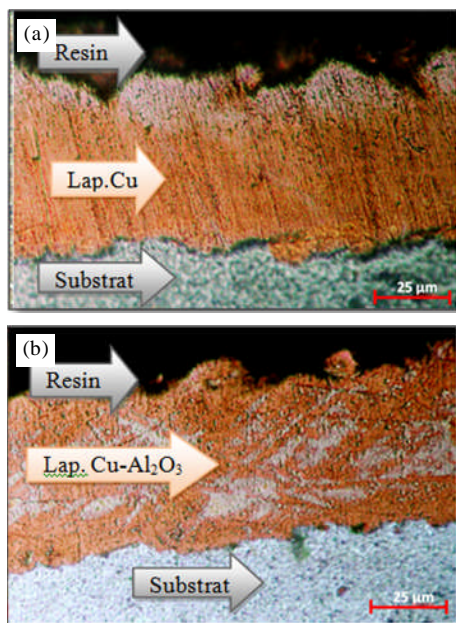
Gambar 5. Hubungan waktu dan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi.

dengan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi yang dihasilkan.

### Struktur mikro

Untuk mengetahui struktur mikro lapisan komposit Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$  maka dilakukan pemeriksaan struktur mikro dengan cara metalografi. Hasil pemeriksaan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 6.

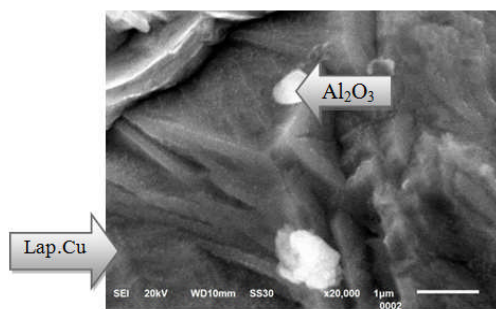
Dari hasil pemeriksaan metalografi, struktur lapisan yang terbentuk adalah struktur *columnar*. Selain itu terlihat pada lapisan komposit Cu- $\text{Al}_2\text{O}_3$  terdapat gumpalan partikel yang mengelompok (*cluster*) berwarna hampir sama dengan substratnya masuk ke dalam



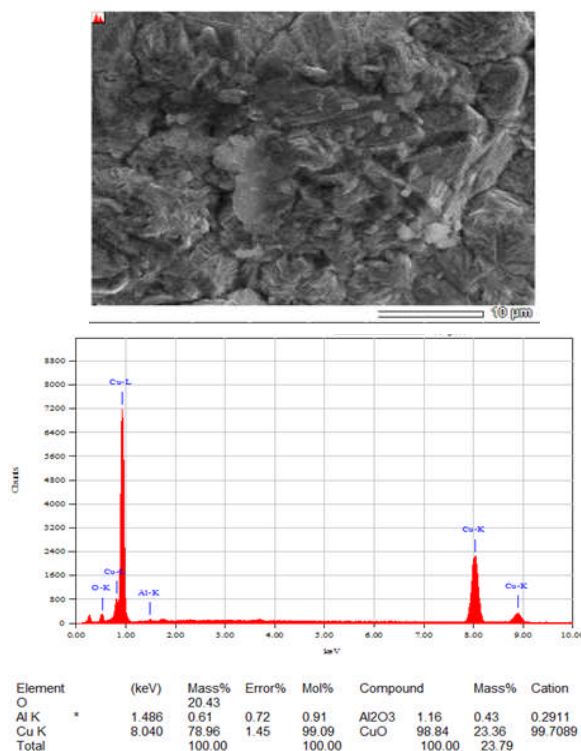
**Gambar 6.** Struktur mikro lapisan Cu dan lapisan Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (a) konsentrasi larutan 240 g/L CuSO<sub>4</sub>, (b) waktu proses 30 menit.

beberapa daerah pada lapisan Cu. Pengamatan secara mikro, *cluster-cluster* yang muncul pada struktur mikro lapisan Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> belum dapat diketahui secara pasti bahwa gumpalan partikel tersebut adalah partikel penguat (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Untuk mengetahuinya maka diperlukan pengujian SEM-EDS seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Dari hasil pengujian SEM pada Gambar 7 dapat dilihat keberadaan partikel penguat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Partikel penguat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terdispersi ke seluruh bagian lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hasil pengujian SEM pada bagian penampang lapisan Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seperti yang terlihat pada Gambar 7 lapisan Cu yang berwarna gelap terlihat partikel-partikel halus yang berwarna putih menyerupai titik-titik halus yang tersebar merata di seluruh bagian penampang permukaan lapisan. Mekanisme penguatan atau peningkatan kekerasan pada lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ini adalah *Dispersion Hardening/Dispersion Strengthening*.



**Gambar 7.** Hasil pemeriksaan SEM lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan 20000 x, konsentrasi larutan 240 g/L CuSO<sub>4</sub>, waktu proses 30 menit.



**Gambar 8.** Hasil Pengujian EDS lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan pembesaran 5000 kali dan 20000 kali; konsentrasi larutan 240 g/L CuSO<sub>4</sub>; waktu proses 30 menit.

Keberadaan partikel penguat ini dibuktikan juga dengan pengujian EDS pada lapisan komposit yang mengalami proses elektrodeposisi dengan waktu proses 30 menit pada konsentrasi larutan CuSO<sub>4</sub> 240 g/L didapatkan hasil Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terdepositasi pada lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 240-60 sebesar 1,16 % (Gambar 8).

## KESIMPULAN

Penambahan partikel nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menyebabkan bertambahnya nilai kekerasan lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Nilai kekerasan lapisan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi yaitu 130,97 HV diperoleh pada saat konsentrasi larutan 240 g/L CuSO<sub>4</sub> dan waktu proses 30 menit.

Keberadaan partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terlihat dari hasil pemeriksaan SEM-EDS pada lapisan komposit dengan konsentrasi CuSO<sub>4</sub> 240 g/L dan waktu proses 30 menit, dimana partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berbentuk titik-titik putih tersebar merata diseluruh lapisan Cu dan hasil EDS menunjukkan pada kondisi tersebut persentase partikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah sebesar 1,16 % dengan struktur mikro lapisan Cu dan komposit Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk adalah struktur *columnar*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan artikel ilmiah ini,

para teknisi dan rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

## **DAFTAR ACUAN**

- [1]. SANG OK CHWA, DIDIER KLEIN, FILOFTEIA LAURA TOMA, GHISLAINE BERTRAND, HANLIN LIAO, CHRISTIAN CODDET, AKIRA OHMOR, *Surface and Coating Technology*, **194** (2005) 215-224
- [2]. MINGXI LI, YIZHU HE, XIAOMIN YUAN and SHIHONG ZHANG, *Materials & Design*, **27** (2006) 1114-1119
- [3]. JIANHUA ZHU, LEI LIU, HAIJUN ZHAO, BIN SHEN and WENBIN HU, *Materials & Design*, **28** (2007) 1958-1962
- [4]. SAEED REZA ALLAHKARAM, SETAREH GOLROH, MORTEZA MOHAMMADALIPOUR, *Materials & Design*, **32** (2011) 4478-4484